

**TUGAS AKHIR**  
**ANALISA PERMUKAAN PATAHAN SPESIMEN UJI IMPAK**  
**BESI COR NODULAR DENGAN VARIASI KANDUNGAN**  
**MAGNESIUM 0,0296%, 0,0307% DAN 0,0336%**



Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada  
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

Disusun Oleh :

**ROMAN RIO SAPUTRA**  
**NIM : D200130048**

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**  
**2020**

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul :

**ANALISA PERMUKAAN PATAHAN SPESIMEN UJI IMPAK BESI COR  
NODULAR DENGAN VARIASI KANDUNGAN MAGNESIUM 0,0296%,  
0,0307% DAN 0,0336%**

Yang dibuat untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh derajat sarjana S1 pada jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan atau pernah dipakai memperoleh gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Muhammadiyah Surakarta atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya saya cantumkan sebagaimana mestinya.

Surakarta, .....2020

Yang menyatakan



Roman Rio Saputra

## HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas akhir berjudul “ANALISA PERMUKAAN PATAHAN SPESIMEN UJI IMPAK BESI COR NODULAR DENGAN VARIASI KANDUNGAN MAGNESIUM 0,0296%, 0,0307% DAN 0,0336%” telah disetujui oleh pembimbing dan diterima untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh derajat sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan Oleh :

Nama : **Roman Rio Saputra**

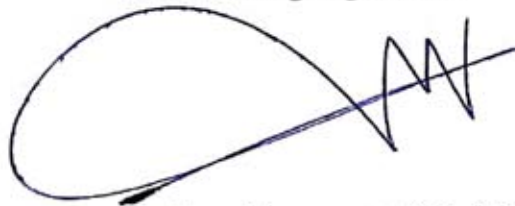
Nim : **D200130048**

Disetujui Pada:

Hari :

Tanggal :

Pembimbing Tugas Akhir

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large loop followed by several vertical strokes.

(Agung Setyo Darmawan, S.T., M.T)

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir berjudul “ANALISA PERMUKAAN PATAHAN SPESIMEN UJI IMPAK BESI COR NODULAR DENGAN VARIASI KANDUNGAN MAGNESIUM 0,0296%, 0,0307% DAN 0,0336%” telah dipertahankan di hadapan Tim penguji dan telah dinyatakan sah untuk memenuhi sebagai syarat memperoleh derajat sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan Oleh :

Nama : **Roman Rio Saputra**

Nim : **D200130048**

Disetujui Pada :

Hari :

Tanggal :

Tim Penguji :

Ketua : **Agung Setyo Darmawan, S.T., M.T**

Anggota 1 : **Ir. Agus Hariyanto, M.T**

Anggota 2 : **Bambang Waluyo F, S.T., M.T**

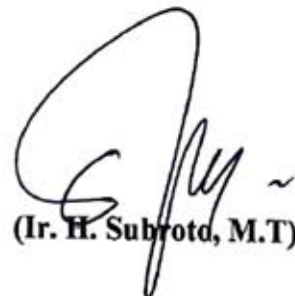
()  
()  
()

Mengetahui



(**Ir. H. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D**)

Ketua Jurusan

()  
(**Ir. H. Subroto, M.T**)



**LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR**

Berdasarkan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, Nomor 029/II/2020 tanggal 20 februari 2020 tentang Pembimbing Tugas Akhir dengan ini:

Nama : Agung Setyo Darmawan, S.T, M.T

Pangkat / Jabatan : Lektor/IIIC

Sebagai Pembimbing Tugas Akhir memberikan soal tugas akhir kepada mahasiswa:

Nama : Roman Rio Saputra

No. Induk : D200130048

Jurusan/Semester : Teknik Mesin/Akhir

Judul/Topik : Analisa Permukaan Patahan Spesimen Uji Impak Besi Cor Nodular Dengan Variasi Kandungan Magnesium 0,0296%, 0,0307% Dan 0,0336%

Rincian Soal/Tugas : Pengaruh variasi kandungan magnesium pada besi cor nodular, melakukan pengujian struktur mikro dan pengujian SEM

Demikian soal tugas akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 26 Februari 2020

Pembimbing

Agung Setyo Darmawan, S.T, M.T

**Keterangan :**

**Dibuat Rangkap Tiga (3)**

1. Untuk Kajur (Koordinator TA)
2. Untuk Pembimbing Tugas Akhir
3. Untuk Mahasiswa

## HALAMAN MOTTO

*“Allah akan meninggikan derajat orang-orang yang beriman diantaramu dan orang-orang yang berilmu pengetahuan”*

(Qs. Al-Mujadalah : 11)

*“Dan bahwasanya seorang manusia tiada memperoleh selain apa yang telah diusahakannya”*

(An Najm : 39)

*“Barang siapa yang mengamalkan yang diketahuinya maka Allah menganugrahkan ilmu yang belum diketahuinya”*

(Shihab, 1994 : 439)

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Segala puji syukur selalu peneliti panjatkan kehadirat Allah SWT atas izin dan kuasanya, akhirnya peneliti dapat mempersembahkan skripsi ini untuk :

### **“Bapak dan Ibu Tercinta”**

Kepada Bapak (Sai'un) dan Ibu (Semi) tercinta. Sebagai tanda bakti, hormat, dan rasa terima kasih yang tiada terhingga Aku persembahkan karya sederhana ini sebagai rasa bahagia serta terima kasihku atas segala kasih sayang, nasehat, motivasi, doa yang tiada henti, dukungan yang nyata serta cinta kasih tiada teringga yang selama ini Bapak dan Ibu berikan kepada anakmu ini. Semoga dengan karya sederhana ini menjadi langkah awal untuk membuat Bapak dan Ibu bahagia.

**ANALISA PERMUKAAN PATAHAN SPESIMEN UJI IMPAK BESI COR  
NODULAR DENGAN VARIASI KANDUNGAN MAGNESIUM 0,0296%,  
0,0307% DAN 0,0336%**

Roman Rio Saputra, Agung Setyo Darmawan  
Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jl. A. Yani Tromol POS 1 Pabelan, Kartosuro  
Email: [romanriosaputra1@gmail.com](mailto:romanriosaputra1@gmail.com)

**ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi kandungan magnesium (Mg) besi cor nodular terhadap struktur mikro dan permukaan patahan spesimen uji impak besi cor nodular.

Penelitian ini menggunakan bahan FCD (*ferro casting ductile*) sebagai bahan awal yang kemudian dilebur di dalam tungku pelebur. Proses pembentukan besi cor bergrafit bulat dilakukan dengan sistem ladle terbuka, yaitu variasi penambahan FeSiMg 0 gram (raw material), 50 gram dan 100 gram yang diletakan di dasar ladle berkapasitas 15 kg sesaat sebelum besi cair dituangkan dalam ladle.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin banyak kandungan magnesium (Mg) maka butiran grafit yang dihasilkan cenderung semakin berkurang dan cenderung mengecil, perlit semakin banyak dan ferit semakin sedikit. Sedangkan dari pengujian SEM bahwa setiap spesimen memiliki patahan campuran yaitu patahan liat dan getas. Permukaan patahan memperlihatkan semakin banyak kandungan magnesium semakin banyak daerah patah getas ini sesuai dengan penelitian Kartika (2019). Tetapi pada spesimen 3 terlihat mempunyai daerah patah liat yang lebih banyak, hal ini disebabkan oleh pencampuran FeSiMg yang tidak merata.

**Kata Kunci :** *Besi nodular, foto mikro dan SEM*



***SURFACE ANALYSIS OF COR NODULAR IRON IMPACT TEST  
WITH VARIATIONS OF 0,0296%, 0,0307% AND 0,0336%  
MAGNESIUM***

Roman Rio Saputra, Agung Setyo Darmawan  
Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jl. A. Yani Tromol POS 1 Pabelan, Kartosuro  
Email : [romanriosaputra1@gmail.com](mailto:romanriosaputra1@gmail.com)

***ABSTRACT***

*This study aims to determine the effect of variations in the content of magnesium (Mg) nodular cast iron on the microstructure and fracture surface of nodular cast iron impact test specimens.*

*This research uses FCD (ferro casting ductile) as a starting material which is then melted in a melting furnace. The process of forming round graphite cast iron is carried out using an open ladle system, namely the variation of the addition of FeSiMg 0 grams (raw material), 50 grams and 100 grams which is placed at the bottom of the ladle with a capacity of 15 kg just before the molten iron is poured into the ladle.*

*The results showed that the more magnesium (Mg) content, the resulting graphite grains tended to decrease and tend to shrink, more pearlite and less ferrite. Meanwhile, from SEM testing that each specimen has a mixed fracture, namely clay and brittle fractures. The fracture surface shows the more magnesium content the more brittle fracture areas are according to Kartika's research (2019). However, specimen 3 appears to have more clay fracture areas, this is due to the uneven mixing of FeSiMg.*

**Keywords:** *Nodular iron, micro photo and SEM*

## KATA PENGANTAR

Assalamua'alaikum. Wr. Wb.

Syukur Alhamdulillah, penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan nikmat-Nya sehingga penyusunan laporan penelitian ini dapat terselesaikan. Tugas akhir berjudul **“ANALISA PERMUKAAN PATAHAN SPESIMEN UJI IMPAK BESI COR NODULAR DENGAN VARIASI KANDUNGAN MAGNESIUM 0,0296%, 0,0307% DAN 0,0336%”**, dapat terselesaikan atas dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu dalam kesempatan ini saya selaku penulis dengan segala hormat dan ketulusan hati ingin menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan sebesar – besarnya kepada :

1. Bapak Ir. H. Sri Sunarjono, MT., Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Bapak Ir. H. Subroto, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
3. Bapak Ir. Sunardi Wiyono, MT selaku Koordinator Tugas Akhir Jurusan dan Pembimbing Akademik Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta yang membantu dalam proses administrasi selama masa perkuliahan.
4. Bapak Agung Setyo Darmawan, ST. MT selaku Pembimbing Tugas Akhir yang telah membimbing, mengarahkan, memberi petunjuk dalam penyusunan Tugas Akhir.
5. Jajaran staf dan dosen Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
6. Kedua Orang tua yang senantiasa selalu memberikan dukungan dan doa sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir dengan baik dan lancar.
7. Teman-teman Teknik Mesin UMS angkatan 2013 yang banyak memberikan motivasi dan semangat bagi penulis.
8. Semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan terima kasih atas dukungannya.

Penulis menyadari bahwa laporan ini jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu kritik dan saran bersifat membangun dari pembaca akan penulis terima dengan senang hati dan penulis ucapkan banyak terima kasih. Semoga semua amal baik yang diberikan semua pihak kepada penulis akan mendapat balasan yang lebih baik dan sempurna dari Allah SWT.

Wasalammu'alaikum Wr.Wb.

Surakarta, .....2020

Yang menyatakan

Roman Rio Saputra

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iv
LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR .....	v
HALAMAN MOTTO .....	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	vii
ABSTRAK .....	viii
ABSTRACT.....	ix
KATA PENGANTAR .....	x
DAFTAR ISI .....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL .....	xvii
DAFTAR NOTASI .....	xviii

## BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	2
1.3 Pembatasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	2
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	3

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka .....	5
2.2 Dasar Teori .....	10
2.2.1 Besi Cor .....	10
2.2.2 Unsur Paduan Besi Cor.....	12
2.2.3 Pengelompokan Besi Cor Berdasarkan Struktur Mikro .....	13

2.2.3.1 Besi Cor Putih ( <i>White Cast Iron</i> ) .....	14
2.2.3.2 Besi Cor Mampu Tempa ( <i>Malleable Cast Iron</i> ) .....	14
2.2.3.3 Besi Cor Kelabu ( <i>Grey Cast Iron</i> ) .....	15
2.2.3.4 Besi Cor Nodular ( <i>Nodular Cast Iron</i> ) .....	16
2.2.3.5 Besi Cor Grafit Terpadatkan ( <i>Compacted Graphite Iron</i> ) .....	16
2.2.4 Proses Pengecoran Besi Cor Nodular .....	18
2.2.5 Uji Komposisi .....	19
2.2.6 Uji Struktur Mikro .....	20
2.2.7 Uji SEM .....	22

### BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian .....	25
3.2 Studi Pustaka Dan Lapangan .....	26
3.3 Persiapan Alat Dan Bahan Pembuatan Besi Cor Nodular .....	26
3.3.1 Alat Yang Digunakan Dalam Proses Pembuatan Besi Cor Nodular .....	26
3.3.2 Bahan .....	29
3.4 Proses Pembuatan Besi Cor Nodular .....	30
3.5 Pembuatan Spesimen Uji .....	31
3.5.1 Persiapan Alat Dan Bahan .....	32
3.5.2 Proses Pembuatan Spesimen Uji.....	35
3.5.2.1 Spesimen Uji Struktur Mikro .....	35
3.5.2.2 Spesimen Uji SEM .....	36
3.6 Instalasi Pengujian .....	36
3.6.1 Alat Uji Komposisi Kimia.....	37
3.6.2 Alat Uji Struktur Mikro .....	37
3.6.3 Alat Uji SEM .....	38
3.7 Analisa Data Dan Pembahasan .....	39
3.8 Kesimpulan .....	39

#### BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Komposisi Kimia .....	40
4.2 Pengujian Struktur Mikro .....	42
4.3 Pengujian SEM .....	43

#### BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan .....	46
5.2 Saran .....	46

#### DAFTAR PUSTAKA

#### LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Fasa Besi-Besi Karbida .....	11
Gambar 2.2 Diagram Keseimbangan Fasa Besi Karbon.....	12
Gambar 2.3 Struktur Mikro Besi Cor Putih .....	14
Gambar 2.4 Struktur Mikro Besi cor Mampu Tempa .....	15
Gambar 2.5 Struktur Mikro Besi Cor Kelabu .....	15
Gambar 2.6 Struktur Mikro Besi Cor Nodular .....	16
Gambar 2.7 Struktur Mikro Besi Cor Grafit Terpadatkan .....	17
Gambar 2.8 Skema Proses Pembuatan Besi Cor Nodular.....	19
Gambar 2.9 <i>Infrared Spectroscopy</i> .....	20
Gambar 2.10 Alat Mikroskop Optik .....	21
Gambar 2.11 Skema Mikroskop Optik .....	22
Gambar 2.12 Alat Uji SEM.....	23
Gambar 2.13 Skema Interaksi Antara Bahan Dan Elektron Di Dalam SEM ....	23
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....	25
Gambar 3.2 Tanur Pelebur .....	27
Gambar 3.3 Timbangan.....	27
Gambar 3.4 Thermometer .....	28
Gambar 3.5 Ladel Penuang .....	28
Gambar 3.6 Proses Pembuatan Cetakan.....	29
Gambar 3.7 <i>Ferro Casting Ductile</i> (FCD).....	29
Gambar 3.8 <i>Ferro Silicon Magnesium</i> (FeSiMg) .....	30
Gambar 3.9 Proses Pembongkaran Cetakan Hasil pengecoran .....	31
Gambar 3.10 Spesimen Hasil Pengecoran .....	31
Gambar 3.11 Gerinda Potong.....	32
Gambar 3.12 Mesin Miling .....	32
Gambar 3.13 Resin Dan Katalis.....	33
Gambar 3.14 a) Mesin Amplas b) Lembar Amplas .....	33
Gambar 3.15 Autosol .....	34
Gambar 3.16 Larutan Etsa.....	34

Gambar 3.17 Proses Pembuatan Mounting .....	35
Gambar 3.18 Spesimen Uji SEM.....	36
Gambar 3.19 Alat Uji Spektrometer .....	37
Gambar 3.20 <i>Trinocular Metallurgical Microscope</i> .....	38
Gambar 3.21 Alat Uji SEM (ZEISS EVO 10) .....	38
Gambar 4.1 Diagram Kandungan Magnesium Akibat Penambahan Paduan FeSiMg .....	40
Gambar 4.2 Struktur Mikro Besi Cor Nodular .....	42
Gambar 4.3 Hasil Uji SEM .....	44
Gambar 4.4 Permukaan Patahan Spesimen Uji Impak .....	45



## **DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1 Hasil Penelitian Tinjauan Pustaka .....	8
Tabel 4.1 Hasil Uji Komposisi.....	41

## DAFTAR NOTASI

$\text{Fe}_3\text{C}$	=	Senyawa metastabil, dan dalam beberapa keadaan dapat dibuat terdekomposisi membentuk $\alpha$ -ferrite dan grafit
$\alpha$	=	Ferrite
C (grafit)	=	Fasa kaya karbon